

(7) トレンチ調査結果の総合検討

(7-1) 地層構成

No. 1 トレンチ, No. 4 トレンチ, No. 5 トレンチ, No. 6 ピットの各壁面でみられた地層の対比を行い, 牧ヶ洞断層の活動性をより性格に検討するための基礎資料とする。

表6-10は, 各壁面でみられた地層を, 壁面で観察した層相と¹⁴C年代測定結果を加えて対比したものである。断層に沿ってトレンチ, ピットを南西から順に並べた。

上位の層から順に対比を行う。

<1A層・6A層・4A層・5A-a層, 5A-b層>

いずれも, 現在の地表を形成している表土である。

No. 1 トレンチにおける1A層, No. 5 トレンチにおける5A-a層は, 離水した段丘面上における表土で, 黒ボク土のような土壌である。地表近くは草根, 木根が密集しているので, ¹⁴C年代測定用試料の採取には本来は不適當である。

1A層の最下部で, なるべく草根, 木根などを入れないように採取したものの年代値はModernであった。また, No. 5 トレンチにおいて, 下位の5C層中の割れ目のなかに基質として入り込んでいる5A-a層の年代値はBP1, 890±100年であった。この下位の割れ目に入り込んでいる堆積物と地表を形成する5A-a層は, 壁面の観察では一連であるように見えたが, 本当に一連の堆積物であるかは疑問が残る。

No. 4 トレンチにおける4A層は, 離水した段丘面上に形成された湿地の堆積物である。また, No. 5 トレンチにおける5A-b層は, 現在の小河川の氾濫原の一部が湿地化した堆積物である。いずれも強腐植質の粘土で, 非常に柔らかい。木の葉, 材片などを多量に含む。

4A層の下底面付近で, なるべく材片などを入れないように採取した¹⁴C年代測定用試料の年代値はBP1, 840±50年であった。4A層の記載で述べたように, 4A層の下部も下位の土塊とともに移動してきたものの一部である可能性がある。したがって, BP1, 840±50年という年代値を表土の最下部の年代値として使用するの若干問題があるが, 表土下底の年代値として目安にはなる。

No. 6 ピットにおける6A層は, 離水した段丘上の小チャネルの堆積物である。腐植質の細砂である。草根, 材片などを多量に含む。6A層の最下部で, なるべく草根, 材片などを入れないように採取した¹⁴C年代測定用試料の年代値はModernであった。

以上のように1A層・6A層・4A層・5A-a層, 5A-b層は層相は多少異なるものの, いずれも現在の地表を形成する堆積物である。年代値はModernを得ている。

その他に下底面付近からBP1, 840±50年とBP1, 890±100年の値を得ているが, これらの値を

表6-10 トレンチ調査結果総合検討表

No. 1 トレンチ			No. 6 ピット			No. 4 トレンチ			No. 5 トレンチ					
地層名	断層南東側	断層北西側	地層名	断層南東側	断層北西側	地層名	断層南東側	断層北西側	地層名	断層南東側	断層北西側			
1A-1層	Modern		6A層	Modern		4A層			5A-a層・5A-b層	?				
1B-1層	520±50	?							5B層	?				
1B-2層	?													
1C-1層		1,650±60			土塊の移動時期	1,840±50	?	ひび割れの中の 5A-a層	1,890±100	?				
?		2,770±60												
1C-2層														
		4,740±80			4C-1層	4,160±80								
		4,920±80			4C-2層	4,150±70								
1C-3層		?	6b-1・6b-2	5,010±90		4c-1・4c-2	4,160±70							
		5,950±40	6b-3・6b-4			4c-3・4c-4	5,550±60							

示す堆積物が現在の地表を形成している堆積物と一連であるかは疑わしい。参考値として表示する。

<1B層・4B層・5B層>

現在の地表を形成している表土の直下に分布する完新統で、断層の南東側の微高地側に主として分布する。

No. 1 トレンチにおける1B層、No. 4 トレンチNE面側における4B層は離水した段丘面上における堆積物である。断層南東側の微高地側に主として分布する。No. 1 トレンチの1B-1層は腐植分を帯びた基質の砂礫層で、BP520±50年～680±50年の堆積物である。同1B-2層は全般にローム分を帯びた砂礫層である。4B層は全般にローム質で、わずかにくさり礫が点在している。NE面のみに分布しており、1B-2層、4B層は全般に酸化しているので¹⁴C年代測定用試料を採取できなかった。

平成11年度の調査におけるNo. 2 トレンチの調査結果も踏まえると、1B-1層は断層の南東側の地表面直下に比較的広く分布する。それに対して、1B-2層はNo. 1 トレンチSW面側の南東端のみで、4B層はNo. 4 トレンチの南東端部およびNo. 2 トレンチのSE面でみられる。

1B-2層、4B層の年代値は不明であるが、層序学的にみて、1B-1層とさほど大きく年代差はないと思われる。

5B層はNo. 5 トレンチのNE面側における大倉滝上流部の氾濫原堆積物である。非常に緩い砂礫層である。

<1C層・4C層・6B層>

いずれも、腐植分を含む堆積物で、表土の下に位置する完新統で、次に述べる洪積層を覆って分布する。

No. 1 トレンチにおける1C層、No. 4 トレンチにおける4C層、No. 6 ピットにおける6B層は、離水した段丘面上において堆積した腐植分を含む堆積物で、全般に粘性土分が優勢である。各層は、腐植分の強弱、粘土の含有量、砂・礫の混入率などによってさらに数層に細分できる。

1C層は、層相から3層に細分できた。上位の1C-1層は、断層変位を受けていない可能性がある粘土分の多い強腐植土である。年代値はBP1,650±50年である。1C-2層は全般に腐植分に富む粘土で、多量の材片などを含む。年代値は2,770±60年～BP4,740±80年であった。

1C-2層はわずかに異なる層相からさらに上・中・下に3区分できるが、構造的には区分できなかったのとおりあえず一層として扱った。堆積年代からみても時間的開きが大きいので、今後検討を要する。1C-3層は強腐植質の粘土で、年代値はBP4,920±80年～BP5,950±40年であった。全体としてU字状の形状をなす。

1C-2層は、少なくとも1C-3層堆積後に、1C-3層をU字型に変形させた断層の北西側の落ち込みを埋積した腐植土である。1C-2層がどの程度まで堆積した時点で断層の最終活動があったのかは確定できなかった。

4C層はNo. 4 トレンチのSW面とNE面とで層相がかなり異なるので各面ごとに述べる。

SW面における4C層は、層相から5つに細分できるブロックの集合体で、成層構造をなしていないため全体を4c層として扱った。4c-1は、腐植質の粘性土主体で、薄層状である。上に移動してきた土塊を載せており、移動してきた土塊による変形も受けている可能性がある。年代値はBP4, 160±70年～BP4, 640±50年である。4c-2は、礫混じりの粘土層である。断層に直接切られており、引き延ばされたような内部構造や礫の長軸方向が断層面と平行であるのが認められた。4c-3は、腐植分を帯びた粘土混じり砂礫層である。礫化し、4C層中に点在しており層構造をなさない。4c-4は腐植質粘土層で層構造はなさない。年代値はBP5, 290±60年である。4c-3の間を4c-2や4c-4が基質として埋めている。4c-5は最下部の砂層で層状に分布する。年代値はない。

一方、NE面の4C層は、断層上部から北西側にかけては成層構造が残り4C-1層と4C-2層に2区分した。しかし、境界断層と断層の間に挟まれている4C層は、層相から3つに細分できるブロックの集合体で、成層構造をなしていないためSW面と同様全体を4c層として扱った。4C-1層は腐植質砂混じり粘土からなる。明瞭に断層によって切られているわけではないが、断層の延長上ではほぼ直線的なぼんやりとした境をもって層相が変化し、層厚も最大になるなど、断層変位の影響を否定できない。年代値はBP4, 160±80年～BP4, 360±80年である。4C-2層は腐植分を帯びた粘土混じり砂礫層である。断層より北西側に分布するが、断層と境界断層の間に分布する4c-3に酷似する。年代値はBP4, 150±70年であった。境界断層と断層の間の断層帯の4c-2では、断層近傍においても礫の回転は認められない。年代値はBP5, 550±60年である。4c-3は腐植分を帯びた粘土混じり砂礫層で、層相から見て4C-2層と一連と思われる。4c-6はNE面の断層帯の中でのみ見られる砂質粘土である。

以上のように1C層、4C層ともに層相によって細区分できるが、細分した層相で見ても全く一致する層は無い。したがって、堆積した場合は連続していなかったといえる。

しかし、両層とも主として断層の北西側直近にのみ、すなわち相対的に沈下側にのみ分布している。しかも、下位の1D層や4D層とは全く異なった層相の地層で、腐植分を帯びた地層に富むという共通の特徴を持つ。

直接の対比はできないが、堆積年代なども考慮して対比すると、1C-2層の途中までと4C層全体がほぼ同時期の堆積物である。堆積した場が異なるにも係わらずほぼ同じ時期、BP6, 000～5, 500年程前から急に堆積し始めている。

1C-2層の上半部、および1C-1層は対比できる層がなく、4A層の最下部や5A-a層の最下部に近

いといえる。

No. 1 トレンチとNo. 4 トレンチとの間で掘削したNo. 6 ピットの6B層もまた層相により細区分できる。上下の粘土層の腐植分は薄い、中部は強腐植質である。この年代値がBP5,010±90年であった。層相から見てほぼ1Cの下部もしくは4C層の下部に相当すると思われる。

<1D層・6C層・4D層・5C層>

No. 1 トレンチの壁面の大部分、No. 6 ピットの壁面の2/3、No. 4 トレンチの壁面の大部分、No. 5 トレンチの壁面の大部分を占める。

基本的には、基質がシルト～粘土などの粘性土質である砂・礫混じり層が主体である。上位の各層と固結度が全く異なっており、明瞭に区別できる。砂・礫の混入率、基質の層相の違いからさらに細区分できる。断層の両側に分布しており、断層を挟んで層相が異なる。

No. 1 トレンチの1D層の年代値は、断層の南東側でBP11,520±180年～BP20,830±320年、北西側でBP11,560±130年～BP15,360±200年であった。No. 6 ピットの6C層からは年代値を得ていない。No. 4 トレンチの4D層の年代値は、断層の南東側でBP24,140±1120年～BP25,730±770年で、断層の北西側でBP11,480±110年～BP26,850±760年であった。No. 5 トレンチの5C層の年代値は、断層の南東側でBP14,970±160年～BP22,290±110年であった。断層の北西側の5C層からは年代値を得ていない。

以上の結果をまとめると、断層の南東側ではBP11,520±180年～BP25,730±770年、断層の北西側ではBP11,480±110年～BP26,850±760年であった。堆積年代から見ると、最終氷期最寒冷期直前から最寒冷期を経て、温暖化が始まり完新性目前までの地層である。

各トレンチ・ピットにおける地層の広がり具合などからみて、大倉滝上流部の小盆地地形の概形を形成している地層である。層相からみても、おそらく最終氷期の寒冷期に大量に生産された岩屑が、小雨のためあまり流動的でない土石流堆積物となって滝が洞山の斜面にトラップされ、小盆地を形成したものと思われる。

断層を挟んで堆積年代には明瞭な差が認められないことから、一連の地層が断層によって切られ、異なる層相の部分が接していると考えられる。牧ヶ洞断層が横ずれ成分の卓越した断層であることと調和的である。

(7-2) 地質構造

<No. 5 トレンチ>

No. 5 トレンチでは、SW面、NE面ともに壁面ほぼ中央部の5C層の層構造が幅数十cmの範囲で乱れており、一部の礫の長軸方向が立っており、礫が縦に並んでいるなど断層ゾーンを形成していた。両壁面とも明瞭な断層面は認められなかったが、断層ゾーンを境にして、5C層中の層

構造が連続しない。

SW面の5C層上部では、幅2mにわたって5C層自体がひび割れて礫化～ブロック化しており、その隙間に上位の5A-a層が入り込んで、混然とした状態となっていた。この範囲は地形的に断層のトレースとされる凹地部分と一致している。NE面では、断層ゾーンは5B層に覆われていた。

<No. 1 トレンチ>

No. 1 トレンチのSW面 (H12-1, H12-2) では、壁面ほぼ中央部で1D層中にほぼ垂直な断層が認められた。断層面に沿って礫が長軸方向を立てて並んでいるのが認められ、断層面を境にして、1D層中に認められる層相が連続しない。断層面の上部では、ほぼ垂直に変形している1C-3層とほとんど変形が認められない1D層が接している。

1C-3層は断層から北西側約1mの範囲で上に開いたU字状の形状をなしていることから、堆積後、断層の活動により落ち込み、変形したと思われる。1C-2層は、層全体としてはU字型をした1C-3層の窪みを埋積しているが、一部は変形している可能性がある。1C-1層は、層全体としては1C-2層の窪みを埋積しているようにみえるが、断層と1C-1層との直接の関係は不明である。1B-1層が1C層と接していたのはごくわずかな部分なので、1B-1層は1C層との境界が断層か単なる地層境界かを結論づけることはできなかった。1A層は断層を覆ってはいるが、断層の直上付近を中心に逆三角形に厚くなっており、変位の影響を受けていないとまでは断定できなかった。一方、NE面 (H11) では、断層は1D層中の層相の境界をなす明瞭な線として追えた。

以上のことより、牧ヶ洞断層によって確実に切られている、あるいは変形を受けているといえるのは、1D層および1C-3層である。

断層の北西側幅約1m間の1D層は、全体として変形を受けて乱れている断層帯と思われる。

<No. 4 トレンチ>

No. 4 トレンチのSW面 (H12-1, H12-2, H11) では、壁面ほぼ中央部で4D層中に高角度で南東に傾斜している断層が認められた。断層面に沿って長軸方向が立った礫が張り付いており、断層面を境にして4D層中の層相が連続しない。断層面の上部では、層序的に下位の4D層が断層面を挟んで上位の4C層の上に位置している。SW面の4C層は、5つの層相のブロックにより構成されていた。4C層全体の形状が逆三角形のくさび状をなすこと、4C層内部の構造は通常の堆積物の様相とは異なりモザイク状の配置であることから、4C層全体が断層変位の影響を受けている断層帯と判断した。4C層の上に載る移動してきた土塊は、確実に断層を覆っており、切られていない。

NE面 (H12-1, H12-2, H11) の壁面の中央より南東側には、壁面の下半分を基盤岩およびその破碎帯が占めている。基盤岩の破碎帯の北西端は著しく粘土化をしており、幅約0.5mの断層

粘土となっている。断層粘土はほぼ垂直な断層面を介して4C層と接している。また、この境界断層より約0.3m北西側の4C層と4D層の境界は、明瞭な剪断面は持たない、ほぼ垂直に近いぼんやりとした断層として認められた。二条の断層に挟まれた間には、4C層の一部がブロック状に分布しており、変形が認められた。断層の北西側には4C-2層が分布する。二条の断層を覆って4C-1層が分布している。4C-1層はほぼ二条の断層付近で層相が変化しており、断層の北西側では固い均質な砂質粘土であるが、南東側では礫化した4D'層が4C-1層中に大量に崩れ落ち込んだ状態となっていた。また、4C-1層は二条の断層の上方付近で最も厚いレンズ状をなす。4C-1層の全体の形状や層相の変化からみて、断層変位の影響を受けている可能性があると考ええる。

したがって、SW面、NE面において牧ヶ洞断層によって確実に切られている、あるいは変形を受けているといえるのは、4D層およびSW面の4C層とNE面の4C-2層である。また断層を確実に覆っており、断層による変位を受けていないといえるのは4A層、4B層と移動してきた土塊である。NE面の4C-1層については、断層変位を受けている可能性が高いが確実ではない。

<No. 6 ピット>

No. 6 ピットのSW面では、壁面ほぼ中央に明瞭な断層面が認められた。断層面に沿って6C層中の礫が長軸方向が立てて、縦に配列しており、断層面を境にして6C層中に認められる層構造が連続しない。NE面でも壁面のほぼ中央で、6C層中に強腐植質の粘土が礫化したものもみ込まれているのが認められた。断層面は認められなかったが、断層ゾーンの両側面を通ると思われる。断層面を境にして6C層の上面の高さは南東側の方が約20cm高い。そのため、6B層は断層の北西側にトラップされたようになっている。6A層は断層を覆ってはいるが、断層の北西側の方が厚い。断層の南東側の6C層は断層に向かって北西へ撓んでおり、横ずれ断層に特徴的な構造を有する。

したがって、牧ヶ洞断層によって確実に切られている、あるいは変形を受けているといえるのは6C層のみである。

(7-3) 牧ヶ洞断層の活動性

<最終活動時期>

牧ヶ洞断層によって確実に切られている、あるいは変形を受けているといえるのは5C層、1D層および1C-3層、4D層と44C層（SW面）、4C-2層（NE面）、6C層までである。

No. 1 トレンチのSW面における1C-2層は下部から中部にかけては切られている可能性が高いが、上部に関しては確実に牧ヶ洞断層の活動により変形しているという確実な証拠が無い。1C-1層については、直接断層と接していないので議論できなかった。また、1B-1層はほぼ断層の直上までしか分布しておらず、確実に断層を覆っているとも断層によって切られているあるいは変形しているとも断定することができず、牧ヶ洞断層の最終活動時期の議論に使用できなかった。したがって、No. 1

トレンチにおいて確実に断層に切られているのは1C-3層までである。

No. 4 トレンチでは、SW面では4C層の内部はブロック化しており、層全体が断層帯であると判断した。したがって、4C層堆積後に断層が活動し、断層帯が生じたと考えられる。一方、NE面では4C-2層は確実に切られているが、4C-1層は断層を覆っている。しかし、4C-1層はその層相からみて断層運動の影響を受けている可能性が高い。したがって、No. 4 トレンチにおいて確実に断層に切られているのは4C-2層までである。

断層を覆っている堆積物は表土である5A層、5B層、1A層、4A層、4B層、6A層であるが、5A-a層、1A層は断層変位の影響を受けていないとまでは断定できなかった。

1C-3層の年代値はBP4, 920±80年～BP5, 950±40年で、4C層（SW面）はBP4, 160±70年～BP5, 290±60年で、4C-2層（NE面）はBP4, 150±70年であったので、牧ヶ洞断層の最終活動時期は、BP4, 150±70年以降である。1A層および6A層からはModernとの年代値を得たので、牧ヶ洞断層の最終活動時期の上限を得ることはできなかった。

<最終活動時期以前>

1D層、6C層、4D層、5C層は基本的には、基質がシルト～粘土分の砂・礫混じり層が主体で、礫の混入率が変化するものの、やや固結した地層で、堆積年代もほぼBP11, 500年前後からBP26, 000年前後という共通の層相を有する。これらの地層はほぼ15, 000年間、層相として安定しており、大倉滝上流部の滝が洞山の南東斜面に小盆地地形を形成しながら分布していた。

そこへ、突然腐植質が優勢な地層、すなわち1C層、6B層、4C層などの堆積が始まったことになる。1C層、6B層、4C層は層相が微妙に異なっており、連続した堆積の場でなかった可能性が高い。それぞれ堆積の開始の時期には若干のずれが認められるが、BP5, 500年～BP6, 000年位の頃である。

腐植質な堆積物はいずれも断層の北西側に分布しており、断層によってトラップされたようになっている。このような現象から、腐植質な物質が急に堆積されるような環境が形成されたことが伺える。したがってBP5, 500年～BP6, 000年より前に、牧ヶ洞断層が活動することによって、断層の北西側が相対的に沈下した可能性が考えられる。

しかし、1C層、6B層、4C層の下位に分布する1D層、6C層、4D層中には、断層の最終活動と分離され、一つ前の断層活動を示唆するような断層変位の痕跡は認められなかった。

したがって最終活動時期以前の活動については、BP5, 500年～BP6, 000年より前というのは一つの目安ではあるが、詳細については不明である（表6-10）。

<単位変位量>

No. 1 トレンチ、No. 6 ピット、No. 4 トレンチ、No. 5 トレンチにおける調査の結果、断層を

挟んで分布する地層が表土以外ほとんど無く、牧ヶ洞断層の単位変位量を求めることはできなかった。No. 4 トレンチSW面の4c-1, NE面の4C-1層は例外的に断層の両側に分布するが、両壁面とも牧ヶ洞断層の単位変位量に関する情報は得られなかった。No. 4 トレンチのNE面における二条の断層の間の4c-3は、断層北西側の4C-2層と一連の可能性が高い。二条の断層の間の4c-3は4C-2層に対して見かけ落ち込んでおり、下底面には30～40cmの高度差が認められる。しかし、二条の断層の間での落ち込みであり、本来南東側が上昇している牧ヶ洞断層の運動センスとは異なるので、上下方向の単位変位量としては採用しない。